

## ПРИЕМНИК СИГНАЛОВ ЯКР-РЕЛАКСОМЕТРА

К.В.КУЗНЕЦОВА, А.В.МАНЦУРОВ, А.С.АЖЕГАНОВ

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Пермь, Букирева, 15

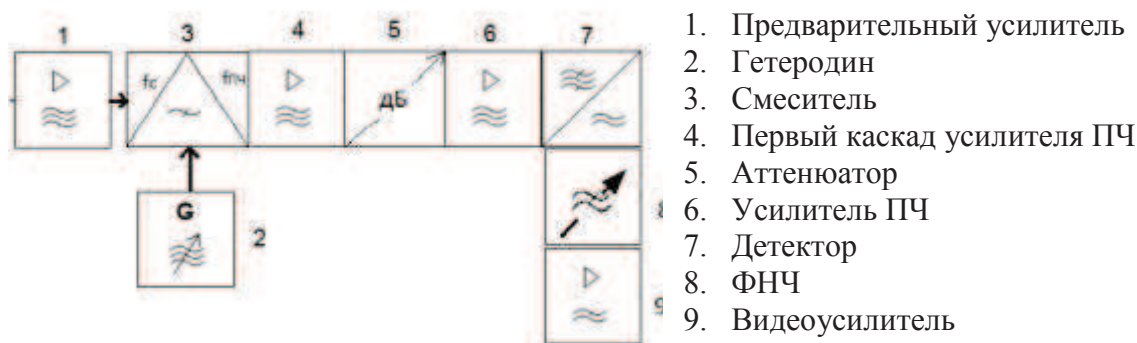
Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР) – явление поглощения и излучения энергии электромагнитного поля атомными ядрами, обладающими электрическим квадрупольным моментом. ЯКР – сугубо квантовое явление. Система энергетических уровней ядра образуется при взаимодействии электрического квадрупольного момента ядра с неоднородным электрическим полем окружающих его электронов [1].

Одним из основных элементов установки для регистрации сигналов ЯКР является приемник сигналов. К приемнику сигналов ЯКР предъявляются следующие требования: широкий диапазон частот, большой коэффициент усиления и малое время восстановления после перегрузки радиоимпульсом [2].

В данной работе был разработан, изготовлен и настроен приемник сигналов ЯКР, имеющий следующие технические характеристики:

1. Диапазон рабочих частот – 20...200 МГц;
2. Неравномерность АЧХ в рабочем диапазоне частот – не более 6 дБ;
3. Коэффициент усиления – 90...100 дБ;
4. Глубина регулировки усиления – 40 дБ;
5. Амплитудное детектирование сигнала;
6. Полоса пропускания фильтра детектора – от 1 до 30 кГц, регулируемая;
7. Время восстановления после перегрузки радиоимпульсом – не более 10 мкс.

На рис. 1 представлена структурная схема приемника сигналов.



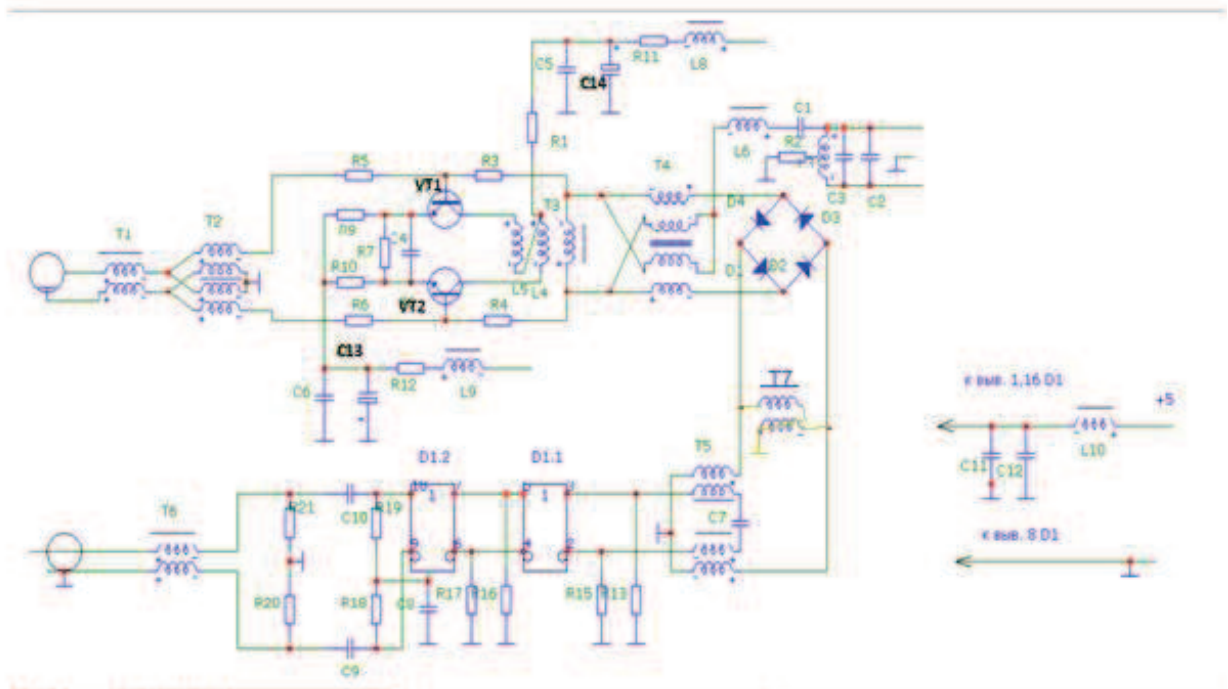
**Рис. 1.** Структурная схема приемника сигналов

Приемник сконструирован на трех печатных платах, размещенных вместе с источником питания в корпусе размером 80x180x400 мм.

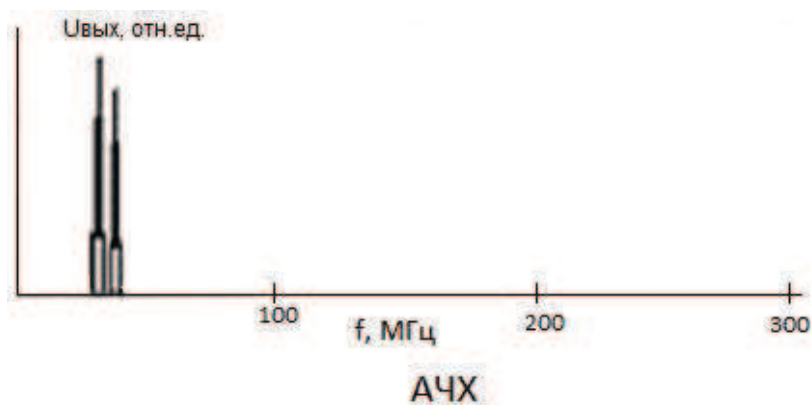
На рис. 2 представлена принципиальная схема смесителя. Смеситель сигналов построен по схеме балансного кольцевого смесителя, составленного из 4 диодов КД514А. Кольцевой смеситель характеризуется низким уровнем шумов и высоким коэффициентом передачи напряжения [3]. Благодаря симметрии используемых в схеме трансформаторов и диодного кольца обеспечивается внутренняя взаимная развязка входов сигнала, гетеродина и выхода смесителя.

Трансформаторы построены по типу «длинная линия». Трансформаторы Т1 и Т6 преобразуют недифференциальные входы в дифференциальные, трансформаторы Т2, Т4, Т5 и Т7 – симметрирующие.

На вход смесителя поступает исследуемый сигнал через широкополосный дифференциальный усилитель VT1-VT2 КТ368А с коэффициентом усиления 20дБ. Равномерность АЧХ обеспечивается цепью отрицательной обратной связи на резисторах R3-R5 и R4-R6. Опорный сигнал с гетеродина проходит через усилитель-ограничитель, построенный на микросхеме К500ЛП116, представляющей собой три дифференциальных усилителя. С выхода смесителя снимается сигнал разностных частот через колебательный контур, настроенный на промежуточную частоту 10 МГц (рис.3). Коэффициент передачи входного сигнала составляет 12 дБ.



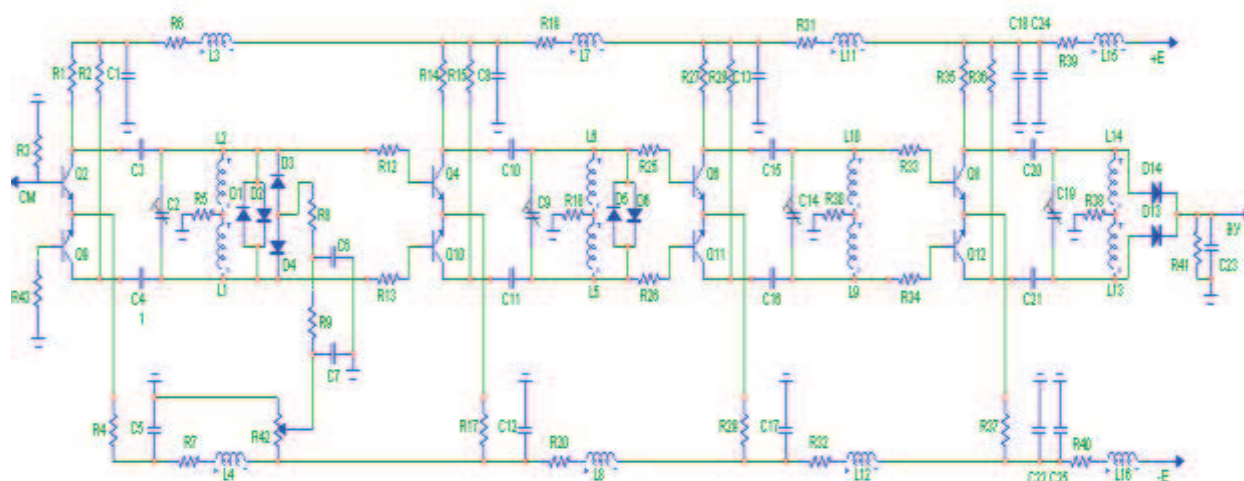
**Рис. 2.** Смеситель. Схема электрическая принципиальная



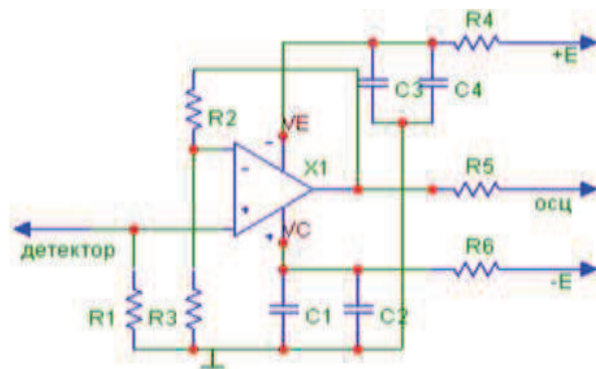
**Рис. 3.** Амплитудно-частотная характеристика смесителя

Усилитель промежуточной частоты содержит четыре дифференциальных каскада на транзисторах КТ368А. Принципиальная схема усилителя показана на рис. 4. Нагрузкой каждого каскада является колебательный контур с резонансной частотой  $f=10$  МГц и добротностью  $Q$  порядка 10. К первому колебательному контуру подключен аттенюатор D3-D4 из двух  $p-i-n$ -диодов КА507А с глубиной регулировки -40 дБ. Для уменьшения амплитуды колебаний, возникающих при перегрузке усилителя радиоимпульсом, параллельно колебательным контурам первого и второго каскадов подключены пары диодов D1-D2 и D5-D6.

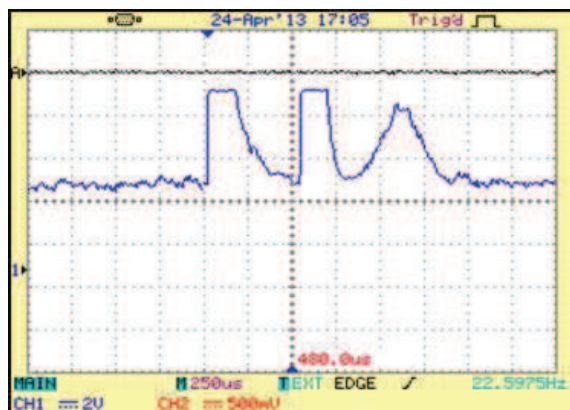
Чтобы в схеме не возникала генерация, в цепях питания имеются фильтры, а в базовые цепи транзисторов всех каскадов вставлены резисторы. На выходе усилителя ПЧ установлен амплитудный детектор D13-D14, сигнал с которого поступает на ФНЧ R41-C23 и видеоусилитель (рис. 5). Коэффициент усиления при питании  $\pm 10$ в, не менее 90 дБ.



**Рис. 4.** Усилитель промежуточной частоты. Схема электрическая принципиальная



**Рис.5.** Видеоусилитель. Схема электрическая принципиальная



**Рис. 6.** Осциллограмма сигнала ЯКР в кристаллах хлората калия ( $\text{KClO}_3$ )

Приемник сигналов ЯКР был испытан в составе релаксометра ЯКР. На рис. 6 изображена осциллограмма сигнала ЯКР на ядрах изотопа  $\text{Cl}^{35}$  в кристаллах хлората калия ( $\text{KClO}_3$ ) на частоте 27,3 МГц.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практикум по квантовой радиофизике. Ядерный квадрупольный резонанс: метод. указ. к выполнению лаб. раб. / сост. А.С. Ажеганов, Г.Е. Кибрик, И.В. Золотарев; Перм. ун-т – Пермь. 2008. – 22 с.
2. А.С.Ажеганов. Приемник сигналов импульсного спектрометра ЯКР. // Радиоспектроскопия. – Пермь: Перм. ун-т. 1987.
3. Н.И. Чистяков. Радиоприемные устройства. Б-ка инженера «Современная радиоэлектроника». М.: «Сов. радио», 1978. 152 с.